



PELUANG DAN TANTANGAN PENERAPAN NANOTEKNOLOGI MELALUI METODA ENHANCED OIL RECOVERY (EOR) DI LAPANGAN MINYAK INDONESIA

Muslim Abdurrahman

Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau (UIR)

Jalan Kahrudin Nasution No. 113 Km. 11. Perhentian Marpoyan, Pekanbaru-Riau.

e-mail: muslim@eng.uir.ac.id

Abstrak

Menurunnya produksi minyak bumi dewasa ini sangat mengawatirkan dan menyebabkan tidak seimbangnya antara supply dan demand. Tingginya kebutuhan di dalam negeri tidak didukung kemampuan produksi minyak bumi dari lapangan yang ada. Impor minyak bumi baik dalam bentuk crude oil ataupun bahan bakar motor (BBM) menjadi keharusan untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Sulitnya menemukan lapangan baru dengan berskala besar, lapangan yang sudah tua, tahapan produksi yang didominasi oleh primary dan secondary recovery menjadi beberapa faktor utama menurunnya produksi minyak bumi yang terjadi sejak beberapa tahun belakangan. Penelitian ini memaparkan peluang ataupun tantangan penerapan nanoteknologi di sektor hulu industri minyak bumi khususnya bidang enhanced oil recovery (EOR). Metode penelitian dilakukan dengan melakukan pengumpulan informasi yang relevan serta data-data yang telah dipublikasikan dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah ataupun makalah yang telah di presentasikan di forum ilmiah (konferensi). Hasil penelitian ini memberikan informasi yang sangat bernilai antara lain, besarnya peluang untuk menerapkan nanoteknologi di bidang EOR dengan pertimbangan masih terbuka luas riset yang terkait dengan peningkatan perolehan minyak melalui berbagai metoda. Lapangan-lapangan yang sudah tua menjadi laboratorium alam untuk mempelajari, menganalisa peranan nanoteknologi sebagai advance teknologi masa depan. Kerjasama dengan pihak industri serta lintas disiplin ilmu menjadi suatu tantangan tersendiri dalam melakukan kolaborasi riset sehingga memberikan solusi dan inovasi untuk penelitian yang lebih mendalam. Berbagai peluang dan tantangan ini tentunya menjadi magnet tersendiri bagi peneliti di tanah air dari berbagai disiplin ilmu untuk melakukan riset yang komprehensif terkait dengan nanoteknologi untuk di terapkan di sektor hulu minyak bumi khususnya EOR dalam rangka mendukung peningkatan produksi minyak yang terus menurun pada dewasa ini.

Kata kunci: EOR, chemical, tegangan antar permukaan, viscositas, dan minyak bumi.

PENDAHULUAN

Riset dan aplikasi tentang nanoteknologi telah banyak dilakukan di bidang obat-obatan, industri elektronik, komunikasi, dan pengecatan [1,2]. Dalam beberapa tahun terakhir telah berkembang ide dan aplikasi penggunaan nanoteknologi di industri hulu minyak bumi seperti di bidang eksplorasi, pemboran, produksi, manajemen reservoir dan enhanced oil recovery [3,2,4,5]. Dua karakteristik penting yang menyebabkan *nanoparticles* cocok diterapkan di industri hulu minyak bumi, yaitu ukuran *particles* dan dapat memanipulasi *behavior* nya [6]. *Nanoparticles* memiliki ukuran yang sangat kecil (1-100 nm), dengan ukuran tersebut sangat mudah mengalir di dalam pori-pori batuan. Di sisi lainnya, dengan melakukan manipulasi sifat dari *nanoparticles* akan mampu merubah *properties* fluida injeksi dan fluida reservoir seperti viscositas, tegangan antar permukaan, kebasahan batuan reservoir dan lainnya. El-Diasty dan Aly [7], hasil dari penelitian mereka telah menunjukkan nanoteknologi memberikan harapan baru untuk di terapkan di lapangan minyak yang sudah tua ataupun lapangan yang sudah marginal melalui teknik EOR.

Makalah ini akan membahas aplikasi nanoteknologi di industry hulu minyak bumi khususnya bidang peningkatan perolehan minyak tahap lanjut (EOR) serta menampilkan peluang dan tantangan penerapan nanoteknologi dalam rangka meningkatkan produksi minyak bumi yang saat ini mengalami penurunan. Adanya kerjasama lintas ilmu seperti ilmu perminyakan, teknik kimia, dan ahli nanoteknologi di harapkan mampu menjawab tantangan dan permasalahan yang ada di lapangan minyak bumi dengan memberikan inovasi dalam menggunakan nanoteknologi untuk di lakukan studi yang lebih mendalam sesuai dengan karakteristik lapangan minyak yang ada di Provinsi Riau khususnya dan di Indonesia pada umumnya.



METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengumpulan data-data dan informasi yang relevan dari berbagai sumber literatur seperti jurnal ilmiah dan makalah yang telah presentasikan dalam konferensi. Hasil pengumpulan data-data dari berbagai literatur tersebut di rangkum menjadi sebuah informasi baru dan disesuaikan dengan kondisi terkini di Indonesia dengan mencantumkan sumber-sumber asli yang telah digunakan dari literatur sebelumnya.

APLIKASI NANOTEKNOLOGI UNTUK ENHANCED OIL RECOVERY (EOR)

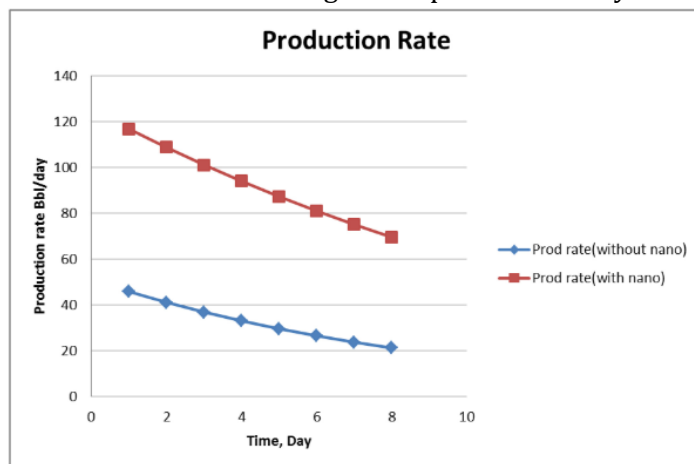
Metoda perolehan minyak tahap lanjut atau lebih dikenal dengan istilah *enhanced oil recovery* (EOR) adalah cara yang paling tepat untuk meningkatkan produksi minyak bumi terutama pada lapangan yang sudah tua (*brown fields*). Produksi minyak bumi melalui tahapan *primary* dan *secondary recovery* masih menyisakan jumlah minyak yang sangat banyak di dalam reservoir. Rata-rata minyak yang tertinggal di dalam reservoir di lapangan minyak di Indonesia setelah kedua tahapan tersebut sebesar 60-70% [8]. Riset tentang aplikasi nano teknologi telah berkembang seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan saat ini. Beberapa makalah dan jurnal yang membahas tentang riset nanoteknologi untuk *enhanced oil recovery* (EOR) antara lain Onyekonwu dan Ogolo [9], Ogolo dkk [10], Bennetzen dkk [11], Odedele [6], El-Diasty dan Aly [7], Cheraghian [12].

Beberapa sifat dari fluida reservoir dan batuan reservoir sangat berpengaruh terhadap peningkatan perolehan minyak seperti viskositas, densitas, tegangan antar permukaan liquid-liquid atau liquid-batuan, tekanan kapiler, permeabilitas relatif, wettability batuan, dan sudut kontak fluida-batuan. Wettability atau tingkat kebasahan batuan adalah parameter yang sangat penting untuk peningkatan perolehan minyak. Batuan yang basah air atau *water wet* lebih mudah mengalirkan butiran minyak bumi ke dasar sumur dibandingkan batuan yang sifatnya basah minyak atau *oil wet*. Selain itu, tegangan antar permukaan liquid-liquid dan liquid-batuan juga berperan penting untuk meningkatkan perolehan minyak. Semakin kecil tegangan antar permukaan akan menyebabkan tekanan kapiler menjadi kecil dan minyak akan mudah lepas dari pori-pori batuan.

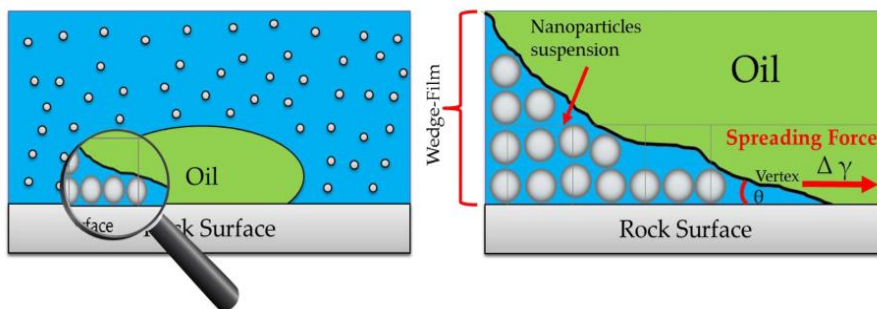
Onyekonwu dan Ogolo [9] dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa *polysilicon nanoparticles* (PSNP) dapat merubah wettability batuan dari *water wet* menjadi *strong water wet*. Selain itu, *polysilicon nanoparticles* yang digunakannya dapat menurunkan tegangan antar permukaan minyak-air dengan menambah larutan alkohol kedalam campuran PSNP tersebut. Cheraghian [12], dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa nanoparticles (NPs) dapat merubah kebasahan batuan dan hal ini yang dapat menyebabkan meningkatnya perolehan minyak menuju dasar sumur produksi. Oglo dkk [10] menggunakan nanoparticles dalam eksperimen yang mereka lakukan antara lain aluminium oxide, zink, magnesium, iron, zirconium, nikel, tin, dan silicon. Hasil eksperimen mereka menunjukkan aluminium oxide dan silicon oxide dapat bertindak sebagai agent yang baik untuk EOR. Aluminium oxide dapat meningkatkan perolehan minyak melalui mekanisme penurunan viscosity dan mekanisme silicon oxide untuk meningkatkan perolehan minyak melalui perubahan wettability batuan serta dengan penambahan alkohol dapat menurunkan tegangan permukaan minyak-air. Bennetzen dkk [11], dalam makalahnya menyimpulkan beberapa faktor yang menyebabkan nanoparticles (NPs) dapat meningkatkan perolehan minyak melalui mekanisme seperti; NPs dapat menyebar kedalam pori-pori batuan tanpa menyebabkan penyumbatan, NPs dapat menurunkan tegangan antar permukaan minyak-air, NPs dapat memodifikasi viskositas air injeksi, NPs dapat di desain dari permukaan kearah lokasi yang menjadi target, NPs dapat di gunakan kembali setelah di proses bersama-sama dengan minyak yang terproduksi ke permukaan menggunakan metoda *magnetic separation*.

Odedele [6] dalam penelitiannya melakukan pendekatan secara numerical (simulasi). Hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan adanya peningkatan perolehan minyak dengan menggunakan *lipophobic* dan *hydrophilic nanoparticles* saat water flooding di terapkan. Kedua *nanoparticles* tersebut dapat memodifikasi wettability dari *oil wet* menjadi *water wet* ataupun dari

water wet menjadi lebih water wet. Perubahan tingkat kebasahan batuan tersebut akan berdampak sangat signifikan terhadap perubahan relative permeability air dan minyak. Relatif permeability minyak akan meningkat dan relatif permeability air akan menurun. Perubahan relatif permeability ini adalah salah satu factor yang menyebabkan peningkatan perolehan minyak dari model yang telah di *generate* oleh Odelele melalui simulasi [6]. Gambar 1 menunjukkan hasil produksi minyak akan meningkat dengan menggunakan partikel nano yang dikombinasikan dengan injeksi air. El-Diasty dan dan Aly [7] dalam penelitiannya menyimpulkan aplikasi nanoparticles dapat dibagi menjadi tiga kategori untuk di terapkan di bidang EOR antara lain: *nanocatalysts*, *nanoemulsions*, dan *nanofluids*. Gambar 2 mengilustrasikan mekanisme nanoparticles dalam skala micro untuk meningkatkan perolehan minyak.

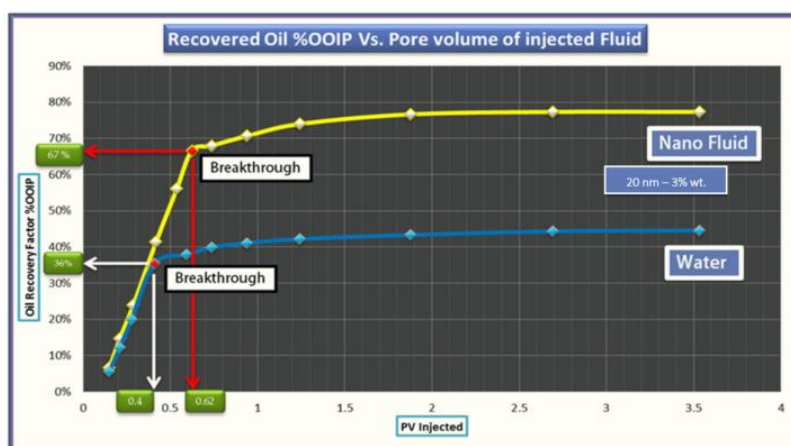


Gambar 1. Produksi minyak dari sampel batuan inti menggunakan partikel nano hasil simulasi [6].



Gambar 2. Mekanisme nanoparticles dalam skala micro [7].

Gambar diatas memberikan ilustrasi bagaimana nanoparticles dapat tersebar atau masuk ke dalam celah diantara permukaan batuan dan butiran minyak. Dengan melakukan modifikasi terhadap nanoparticles maka butiran minyak yang pada awalnya lengket dipermukaan batuan menjadi lepas dan akhirnya dapat membuat minyak lebih mudah mengalir melalui path flow menuju dasar sumur untuk di produksi ke permukaan. Gambar 3 menunjukkan dengan menginjeksikan nanofluid kedalam sampel batuan memberikan tingkat perolehan minyak yang lebih besar di bandingkan injeksi air kedalam sampel batuan yang sama.



Gambar 3. Volume pori injeksi versus Perolehan minyak [7].

PELUANG DAN TANTANGAN PENERAPAN NANOTEKNOLOGI DI INDUSTRI HULU MIGAS INDONESIA

Penelitian tentang penggunaan nanoparticles (NPs) dalam industri hulu minyak bumi telah dilakukan sejak 15 tahun belakangan di berbagai negara. Namun demikian penelitian bidang ini belum begitu dikenal di tanah air khususnya di bidang EOR. Beberapa faktor yang menyebabkan hal ini antara lain adalah belum adanya sinergi antara lintas ilmu untuk melakukan riset tentang teknologi nano untuk bidang EOR. Masing-masing bidang keahlian seperti masih fokus dengan bidang keilmuan masing-masing. Dengan perkembangan teknologi dan informasi saat ini kerjasama di bidang nano teknologi dengan melibatkan lintas ilmu akan memberikan inovasi tersendiri untuk peningkatan perolehan minyak melalui teknologi nano untuk di terapkan pada lapangan-lapangan tua atau pun marginal fields. Banyak lapangan minyak yang sudah tua serta lapangan marginal secara tidak langsung memberikan peluang bagi peneliti untuk mengaplikasikan teknologi nano melalui riset-riset di laboratorium sebelum di terapkan di lapangan yang ada.

Kombinasi metoda EOR yang sudah ada saat ini dengan nano teknologi dapat memberikan solusi baru untuk peningkatan perolehan minyak yang terus mengalami penurunan saat ini. Surfactan dan polymer merupakan bahan kimia yang sudah terbukti untuk meningkatkan perolehan minyak dari lapangan yang sudah tua. Kehadiran nano teknologi yang di kombinasikan dengan metoda tersebut akan menjadi lebih *powerfull* untuk di terapkan di tanah air.

Beberapa tantangan untuk melakukan riset ataupun aplikasi nano teknologi di tanah air antara lain; perlunya sinergi antar lintas ilmu, kerjasama dengan pihak industry untuk joint studi serta mendapatkan support baik dari sisi material (sampel fluida dan batuan) maupun dari data-data pendukung lainnya. Perlu waktu dan pendekatan yang spesifik untuk merubah *mainset* yang saat ini masih ego sectoral di bidang keilmuan masing-masing peneliti. Kerjasama lintas ilmu akan memberikan banyak manfaat serta pengetahuan baru bagi peneliti untuk mendapatkan atau memberikan solusi serta inovasi sesuai dengan kondisi terkini.

Isu lainnya yang menjadi tantangan dalam penerapan teknologi nano adalah tentang dampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Johnson dkk [13], Jia [14] menekankan bahwa dengan ukuran yang sangat kecil dapat dengan mudah tersebar ke udara serta akan berdampak negatif terhadap manusia dan lingkungan. Nabhani dan Tofighi [15] mengkategorikan tiga isu yang harus menjadi perhatian tentang dampak dari teknologi nano seperti bahayanya jika partikel nano masuk kedalam organ-organ tubuh manusia, particles nano sangat mudah tersebar di lingkungan dan dapat tertinggal di udara bebas, di dalam tanah, air. Perlindungan atau proteksi diri dan lingkungan dari bahaya particles nano. Peralatan yang digunakan harus cukup tepat dan mampu melindungi diri dari bahaya yang di timbulkan. Dampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan manusia perlu di pertimbangkan dan dikaji lebih mendalam sehingga efek



negative dari aktivitas menggunakan nano teknologi dapat di minimalkan selama percobaan berlangsung ataupun saat implementasi di skala yang lebih luas di lapangan minyak nantinya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Pemanfaatan nanoteknologi di sektor hulu migas Indonesia khususnya untuk penerapan metoda EOR diperlukan kajian dan studi yang lebih mendalam.
2. Nano *particles* mempunyai dua keunggulan untuk diterapkan pada metoda EOR yaitu: ukuran *particles* yang super kecil dan kemampuan memodifikasi *properties* fluida injeksi maupun fluida reservoir.
3. Kajian laboratorium dari peneliti sebelum di luar negeri telah memberikan hasil yang positif dan menggemblengkan untuk penerapan nano teknologi pada metoda EOR.
4. Perlunya sinergi lintas ilmu dan kolaborasi riset untuk pengembangan nanoteknologi di bidang EOR.
5. Terbukanya peluang yang sangat luas dalam melakukan riset nanoteknologi untuk di terapkan di bidang EOR dengan pertimbangan banyaknya lapangan minyak yang sudah tua dan perlu sentuhan teknologi baru untuk mengaktifkannya kembali.
6. Meminimalkan ego sektoral dari masing-masing bidang ilmu dan melakukan kolaborasi dalam pengembangan nanoteknologi untuk di terapkan dalam rangka meningkatkan produksi minyak bumi dari lapangan yang sudah tua (*mature field*).
7. Melakukan kajian yang lebih mendalam tentang dampak penggunaan nanoteknologi terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Mahendranath., A. Varkey., S. Mazumder (2015). Application of nanotechnology in petroleum industry, International Journal of Recent Scientific Research, Vol. 06 Issue 09, pp. 6152-6157.
- C. Matteo., P. Candido., R. Verra., dan V. Francesca (2012). Current and future nanotech applications in the oil industry, American Journal of Applied Sciences, Vol. 09 Issue 06, pp. 784-793.
- X. Kong dan M. Ohadi (2010). Application of micro and nano technologies in the oil and gas industry: An overview of the recent progress. Paper SPE 138241, presented at Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference in Abu Dhabi, UEA, 1-4 November.
- A.I. El-Diasty dan A.M.S. Ragab (2013). Applications of nanotechnology in the oil & gas industry: latest trends worldwide & future challenges in Egypt. Paper SPE 164716, presented at the North Africa Conference & Exhibition in Cairo, Egypt. 15-17 April.
- P. McElfresh., D. Holcomb., D. Ector (2012). Application of nanofluid technology to improve recovery in oil and gas wells. Paper SPE 154827, presented at the SPE International Oilfield Nanotechnology Conference in Noordwijk, The Netherlands. 12-14 June.
- E.T.O. Odedele (2014). Synthesis and applications of nanomaterials in EOR. Paper SPE 172448, presented at the SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition in Lagos, Nigeria. 05-07 August.
- A.I. El-Diasty dan A.M. Aly (2015). Understanding the mechanism of nanoparticles applications in EOR. Paper SPE 175806, presented at the SPE North Africa Technical Conference and Exhibition in Cairo, Egypt. 14-16 September.
- SKKMigas 2014. Laporan Tahunan SKKMigas tahun 2014.